

Technik und Tipps

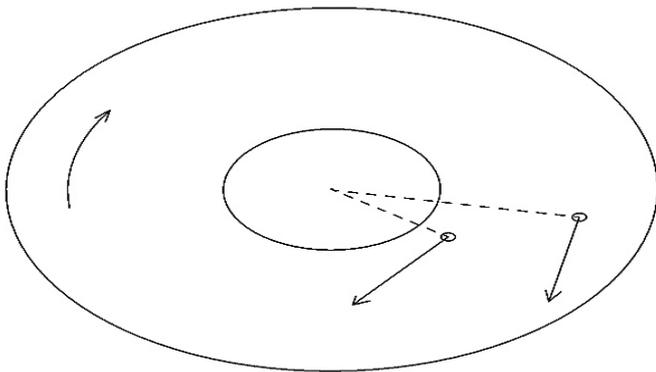
Ein Beitrag von Micha Huber – www.tonarm.ch

Skatingkraft – Teil 1: Theorie

Wer sich mit der analogen Schallplatte, insbesondere mit der Einstellung von Tonarm und Tonabnehmer auseinandersetzt, wird früher oder später mit der Skatingkraft konfrontiert. Falls der Abtastdiamant den Kontakt zur Rille verliert, kann diese Skatingkraft den Tonarm wie von Geisterhand bewegt über die Schallplatte gleiten lassen: daher der Name. Wie aber entsteht die Skatingkraft und was sind deren Auswirkungen? Wie kann man diese Auswirkungen minimieren? In diesem Artikel werden die theoretischen Grundlagen und Details dazu ausgeführt. In einem folgenden zweiten Teil soll es dann um die praktische Umsetzung gehen.

Die resultierende Bremskraft

Da es sich bei der Auslesung der analogen Schallplatte primär um einen mechanischen Vorgang handelt, entstehen da auch mechanische Kräfte. Um die Entstehung des Skating-Effekts fundiert zu erklären, sind einige grundsätzliche Erklärungen nötig. Ausgangspunkt für unsere Betrachtungen ist die resultierende Bremskraft (F_b); allgemein eher bekannt als «Reibkraft zwischen Diamant und Schallplatte». Jede Kraft hat eine bestimmte Richtung und eine bestimmte Grösse. Wir schauen uns diese beiden Eigenschaften der resultierenden Bremskraft genauer an:

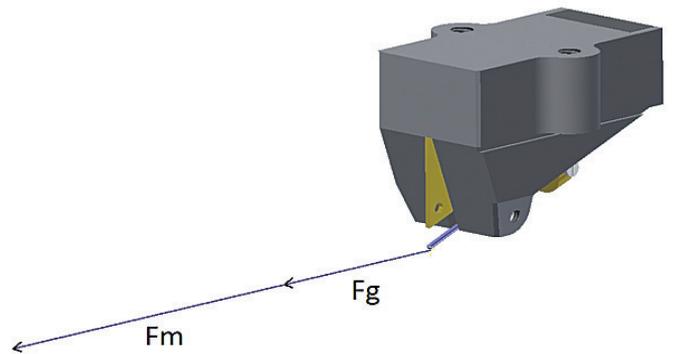


1. Ausrichtung

Grundsätzlich können wir den Abtastdiamanten geometrisch als Punkt betrachten, der eine rotierende Kreisfläche (nämlich die Schallplatte) leicht abbremsen möchte. Die Richtung einer solchen Bremskraft ist – egal an welchem Punkt auf der Kreisfläche – immer tangential zum Kreis um den Drehpunkt.

2. Grösse

Die Grösse der kombinierten Tangentialkraft setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: der Gleitreibung (F_g) zwischen Schallplatte und Diamant einerseits und der vom Musiksinal übertragenen mechanischen Energie (F_m) andererseits. Beide Grössen sind komplex, und werden deshalb nochmals separat betrachtet.



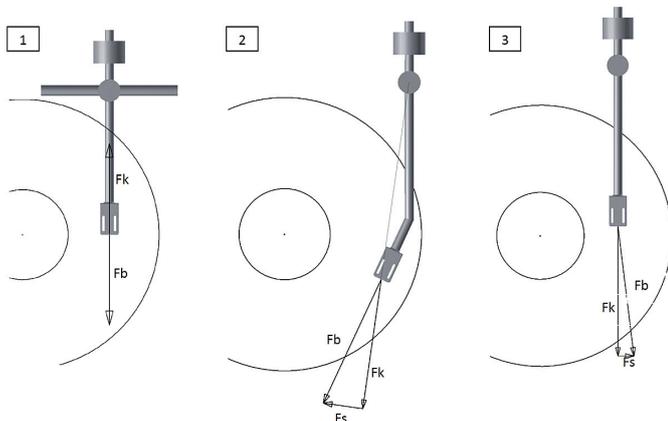
Es ist wichtig zu erwähnen, dass die obigen Grundsätze allgemein für die Abtastung einer Schallplatte gelten; ganz unabhängig von der Tonarmgeometrie.

Auswirkungen

Bevor wir uns vertieft um die Grösse der resultierenden Bremskraft kümmern, schauen wir uns ihre Auswirkung an. Diese ist hauptsächlich von der Tonarmgeometrie abhängig. Die resultierende Bremskraft kann nämlich nur in einem Fall – beim linearen Tangentialtonarm – genau in ihrer Wirkrichtung aufgenommen werden. In allen anderen Fällen entsteht ein Kräfte-dreieck: das heisst, nur ein bestimmter Anteil der Kraft wird vom Tonarmlager aufgenommen und die übrige Komponente wirkt sich als seitliche Kraft aus.

Nachfolgend schauen wir uns – zum besseren Verständnis – drei verschiedene Tonarmgeometrien an. Die entstehenden Kräfte sind wie folgt bezeichnet:

- F_b : resultierende Bremskraft: sie wirkt immer tangential zur Schallplatte
- F_k : kompensierte Kraftkomponente: sie wird vom Tonarmlager aufgenommen
- F_s : seitliche Kraftkomponente: die eigentliche Skatingkraft



- 1) Beim linearen Tangentialtonarm wird die resultierende Bremskraft (F_b) vollständig vom Tonarmlager aufgenommen (F_k) und es entstehen keine seitlichen Kräfte.
- 2) Der gekröpfte Radialarm ist am weitesten verbreitet. Die Kröpfung ermöglicht einen geringen Spurfelhwinkel von etwa 2 Grad. Die tangential wirkende Bremskraft (F_b) wird nur teilweise vom Tonarmlager aufgenommen (F_k). Die verbleibende Kraftkomponente erzeugt eine seitliche Kraft zur Plattenmitte hin: die Skatingkraft (F_s).
- 3) Auch bei einem ungekröpften Radialarm entstehen seitliche Kräfte (F_s). Sie sind aber in der Regel kleiner als beim gekröpften Radialarm, da sie direkt abhängig vom Spurfelhwinkel sind. Sie können – je nach Anordnung und Position auf der Platte – auch null sein oder nach aussen wirken.

Deswegen wird die Skatingkraft in der Regel kompensiert, indem am Tonarm eine zusätzliche, gegenseitig wirkende Kraft angebracht wird. Das kann entweder durch eine Masse (meist über eine Umlenkrolle oder einen Hebelmechanismus), ein Magnetfeld oder eine Feder geschehen. In der Praxis gibt es sehr viele Varianten in der Ausführung für die Skatingkompensation, und es würde diesen Rahmen sprengen, sie alle mit Ihren Vor- und Nachteilen aufzuzählen. Wichtig ist aber, dass der Kompensationsmechanismus möglichst reibungsfrei und ohne Trägheit arbeitet. Meist ist der Mechanismus so ausgelegt, dass die kompensierende Kraft zum Plattenzentrum hin abnimmt.

Dynamik

Es ist wichtig festzuhalten, dass Skatingkraft und tangentiale Abtastung vorerst nichts miteinander zu tun haben. Der lineare Tangentialarm erzeugt keine seitlichen Kräfte, weil die resultierende Bremskraft vollständig vom Tonarmlager aufgenommen wird. Beim gekröpften Radialtonarm hingegen entstehen auch an den beiden Nulldurchgängen seitliche Kräfte, obwohl die Abtastung dort tangential erfolgt. Eine Beziehung zwischen den beiden Thematiken besteht aber insofern, als ein längerer Tonarm nicht nur einen geringeren Spurfelhwinkel ermöglicht, sondern durch seine geringere Kröpfung auch niedrigere seitliche Kräfte entstehen.

Bisher haben wir die Grösse der resultierenden Bremskraft als einheitliche Grösse betrachtet. Dadurch gibt es in den obenstehenden Aussagen keine Unbekannte, und sämtliche Aussagen sind theoretisch nachvollziehbar, da sie auf einfachen physikalischen Gesetzen beruhen. Wer sich aber schon – als Hörer oder Techniker – mit dem Phänomen der Skatingkraft auseinandergesetzt hat, mag festgestellt haben, dass es in der Praxis nicht so einfach ist. Häufig wird sogar die Ansicht vertreten, dass eine Skatingkompensation unnötig sei. Die Tatsache, dass die mechanische Lösung für die Kompensation niemals perfekt sein kann, spielt da sicher eine Rolle. Meiner Meinung nach wird aber eine weitere Tatsache oft etwas unterschätzt: Die resultierende Bremskraft – als Kombination von Gleitreibung und mechanischer Signalübertragung – ist eine sehr dynamische Grösse:

Kompensation

Im Folgenden beschränken wir uns bei der Tonarmgeometrie auf den üblichen, gekröpften Radialtonarm. Die hier entstehende seitliche Kraft (F_s) muss in jedem Fall von einem Element aufgenommen werden. Wenn keine Massnahmen zur Kompensation vorgesehen sind, wird der Abtastdiamant gegen die innere Rillenflanke gedrückt. Ist die seitliche Kraft zu gross, wird der Diamant aus der Rille gedrückt und gleitet – oder «skate» – über die Plattenoberfläche. Aber auch wenn die Kraft dafür zu klein ist, hat das zwei Konsequenzen:



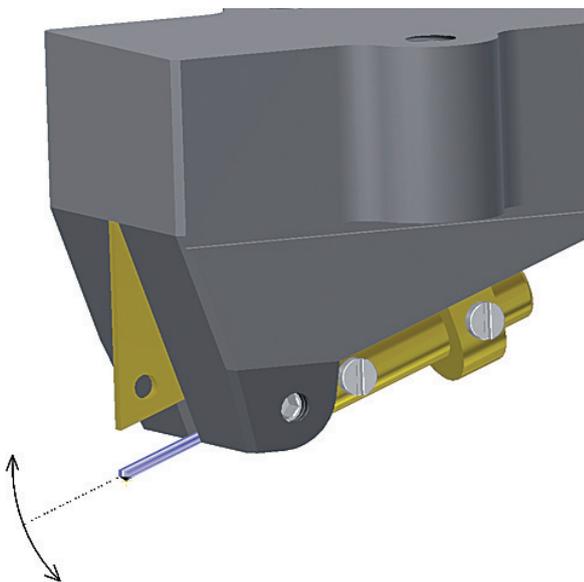
- 1) Der elastisch aufgehängte Nadelträger des Tonabnehmers wird zur Seite gezogen. Somit verändert sich die Nullposition des Magnetfeldes und damit des Ausgangssignals.
- 2) Der Abtastdiamant verliert den direkten Kontakt zur äusseren Rillenflanke und es entstehen Verzerrungen auf einem Kanal.

1. Gleitreibung:

Die Gleitreibung zwischen Diamant und Rillenflanken würde im idealisierten Fall (Diamant und Schallplatte wären unendlich hart) nur von der Auflagekraft und der Oberflächengüte von Diamant und Platte abhängen. Da die Schallplatte aber deutlich weicher ist als der Diamant, ist die Gleitreibung auch abhängig von der Auflagefläche des Diamanten, also von seiner geschliffenen Form. Die Geschwindigkeit der Gleitbewegung spielt hier physikalisch gesehen keine Rolle, die Gleitreibung ist also am Plattenanfang gleich wie am Plattenende. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Gleitreibung mit gleichem Tonabnehmer und Auflagekraft konstant ist.

2. Mechanische Energie:

Ungleich dynamischer als die Gleitreibung verhält es sich mit der mechanischen Energie, die auf den Tonabnehmer übertragen wird. Wenn wir an die Ursprünge der Schallplattentechnik zurückdenken und uns ein Grammophon vorstellen, ist das leichter vorstellbar. Beim Grammophon wird die gesamte Schallenergie von der Platte auf die Nadel übertragen. Also wird die gesamte Energie vom Plattenantrieb geliefert und ist direkt von der Lautstärke des Musiksignals abhängig. Das ist beim elektromagnetischen Tonabnehmer grundsätzlich nicht anders, einfach auf einem tieferen Level. Das führt dazu, dass – sobald ein Musiksiegel übertragen wird – die Bremskraft auch noch von der Härte der Nadelaufhängung, dem Abschlusswiderstand und natürlich extrem vom Musiksiegel selbst abhängig ist.



Offene Fragen

Es bleibt die Frage offen, wie gross nun in der Praxis die Skatingkraft wirklich ist und welche Konsequenzen sich daraus ergeben. Klar ist, dass die Gleitreibung eine direkte Funktion von Diamantschliff und Auflagekraft ist. Eindeutig ist aber auch, dass in jedem Fall eine dynamische Komponente bestehen bleibt, die nicht perfekt ausgeglichen werden kann. In frühen Studien wurden diese Grössen schon exakt ermittelt; allerdings beruhen diese Studien alle auf anderen Diamantformen und grösseren Auflagekräften als sie heute üblich sind. In vielen Patenten wird auch als Tatsache vorausgesetzt, dass die Skatingkraft zum Plattenzentrum hin abnimmt. Das kann physikalisch gesehen nicht von der Gleitreibung her kommen, sondern muss mit der unterschiedlichen Dynamik zusammenhängen. Interessant wäre es nun, das Verhältnis von konstanten und dynamischen Einflüssen an modernen Systemen zu erfassen und damit zu praxistauglichen Aussagen zu kommen. Das soll in einer Fortsetzung dieses Artikels geschehen. Bis dahin kann man sich an die bewährten Methoden halten und die Kompensation per Gehör oder mit einer Messschallplatte einstellen.

